

УДК 621.777.4

Алиев И. С.  
Гнездилов П. В.**КОМБИНИРОВАННОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ПОЛЫХ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАГОТОВОК РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ**

В современных условиях задачами, стоящими перед заготовительным производством, являются ресурсосбережение, повышение эффективности процессов формообразования и качества заготовок для деталей машин. Для производства полых конических изделий из стали, цветных металлов и сплавов в настоящее время используют различные методы объемной штамповки, которые отличаются как формой исходных заготовок, так и схемой деформирования. Можно выделить три основных способа получения полых конических деталей: выдавливание с раздачей, обратное и комбинированное выдавливание [1, 2, 3]. Комбинированное выдавливание позволяет получить детали с высокой точностью размеров, и с качественной проработкой структуры за счет сдвиговых деформаций. Применение данного метода позволяет также снизить требуемое усилие на рабочий инструмент. Снижение сил деформирования происходит за счет появления активных сил трения, которые обеспечивают течение металла в зазор между пуансоном и матрицей. Несмотря на существенные преимущества, исследования данного процесса ограничены и технологические режимы процесса требуют дальнейшего изучения.

Рассматривая комбинированное выдавливание (процесс характеризуется расположением заготовки в верхней части матрицы) полый конической детали (рис. 1), выделены основные стадии процесса [4]: стадия распрессовки с резким скачком сил деформации; умеренное возрастание сил на стадии комбинированного выдавливания; достижение заготовкой торца противоположного пуансона и начало стадии обратного выдавливания. Исключение стадии обратного выдавливания позволяет снизить необходимое усилие выдавливания, а также разностенность и несоосность полости детали.

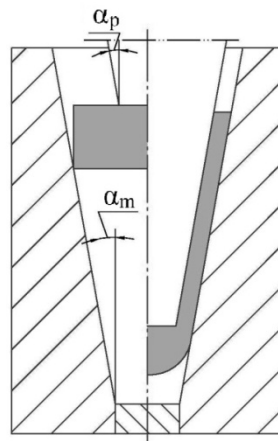


Рис. 1. Схема процесса комбинированного выдавливания полый конической детали

Целью данной статьи является определение рациональной формы заготовки, использование которой позволит получить необходимую форму готового изделия, со снижением сил деформирования, а также повышением качества проработки.

При исследовании выбраны следующие формы исходной заготовки: цилиндр, шар, конус, конус с наметкой под пуансон, конус с расширенной наметкой и обратный конус (рис. 2). В качестве материала заготовки использовался алюминиевый сплав АД31. Сопротивление деформации  $\sigma_s = 247e^{0,136}$ . Задана схема для моделирования с образующими углами матрицы и пуансона  $\alpha_m = \alpha_p = 15^\circ$ . Размеры заготовок выбирались из условия одинакового объема (табл. 1), равного  $105 \text{ см}^3$ .

Таблица 1

Размеры используемых заготовок

	Форма заготовки	D <sub>z</sub>	H <sub>z</sub>	D <sub>z1</sub>	α	D <sub>p</sub>	h
		мм					
а	Цилиндр	74	24	-	-	-	-
б	Шар	58	-	-	-	-	-
в	Конус	80	25	66,6	15°	-	-
г	Конус с площадкой под пуансон	80	26	66,1	15°	15	5
д	Конус с расширенной площадкой	80	28	65	15°	15	5
е	Обратный конус	76	28	61	15°	15	5

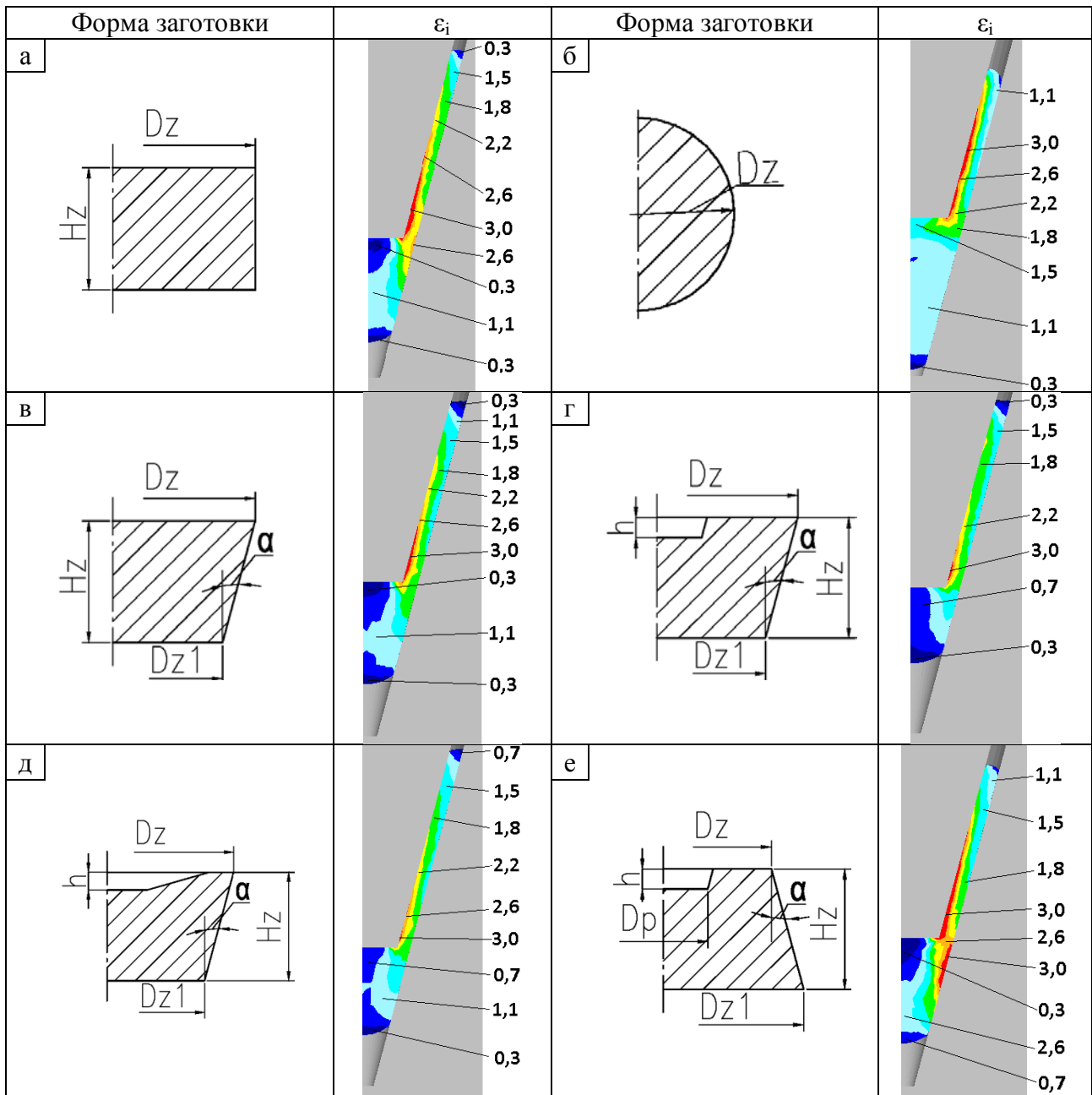


Рис. 2. Распределение интенсивности деформации  $\epsilon_i$  для различной формы заготовки при усилии на пуансон равном 1000кН

Образующий угол для заготовок с конусной формой равен  $\alpha = 15^\circ$  для обеспечения центровки и отсутствия перекосов при установке в матрице. Коэффициент трения для контактных поверхностей составил  $\mu = 0,08$  (закон Зибеля).

Исследование процесса проводилось с помощью метода конечных элементов в программном продукте DeForm-3D. Выбор данного программного продукта обусловлен его широкими возможностями моделирования и анализа различных процессов ОМД. Сравнение формообразования и интенсивности деформации  $\epsilon_i$  проводилось при приложенном усилии на пуансон равном 1000кН.

Исследование формообразования (рис. 2) показали отличия в формоизменении детали в зависимости от исходной заготовки. При использовании заготовки с формой шара (рис. 2, б) наблюдается слабое формирование стенок стакана при большем течении металла в донную часть детали. В схеме с конической заготовкой с наметкой под пуансон (рис. 2, г) отмечается наименьшая толщина дна конечной детали. Использование остальных заготовок показали схожие результаты формообразования детали.

Поля распределения интенсивности деформации  $\epsilon_i$  при использовании заготовок с цилиндрической формой и формой обратного конуса (рис. 2, а, е), показали возникновение двух очагов интенсивности деформации: в кольцевой зоне перехода дна в стенку стакана и в зоне контакта при установке заготовки в матрице. Данные области расположены у основания сформированной стенки детали и в данной зоне возможно разрушение детали при эксплуатации. При деформировании конической заготовки (рис. 2, в) и профилированных конических заготовок (рис. 2, г, д) наблюдается подобное распределение  $\epsilon_i$ , наибольшая деформация возникает в слоях, примыкающих к внутренней стенке стакана. Минимальные значения  $\epsilon_i$  наблюдаются в верхней части стенки стакана, а также в застойной зоне, примыкающей к торцу пуансона, то есть на дне стакана (рис. 2, а, в–е). Для заготовки с формой шара (рис. 2, б), наблюдается значительное увеличение зоны максимальных деформаций вдоль внутренней стенки стакана при контакте с пуансоном и отсутствие зон минимальных деформаций в верхней кромке стенки и дна стакана.

Максимальное усилие деформирования возникает при использовании заготовки с формой шара (рис. 3б), которое составило 1507 кН. Для конической заготовки с расширенной наметкой усилие составило  $P = 1260$ кН (рис. 3, д), для цилиндрической заготовки – 1271 кН (рис. 3, а). Наименьшие значение  $P$  определены для конической заготовки  $P = 1135$  кН (рис. 3, в), конической заготовки с наметкой – 1075 кН (рис. 3, г) и формой обратного конуса – 1067 кН (рис. 3, е).

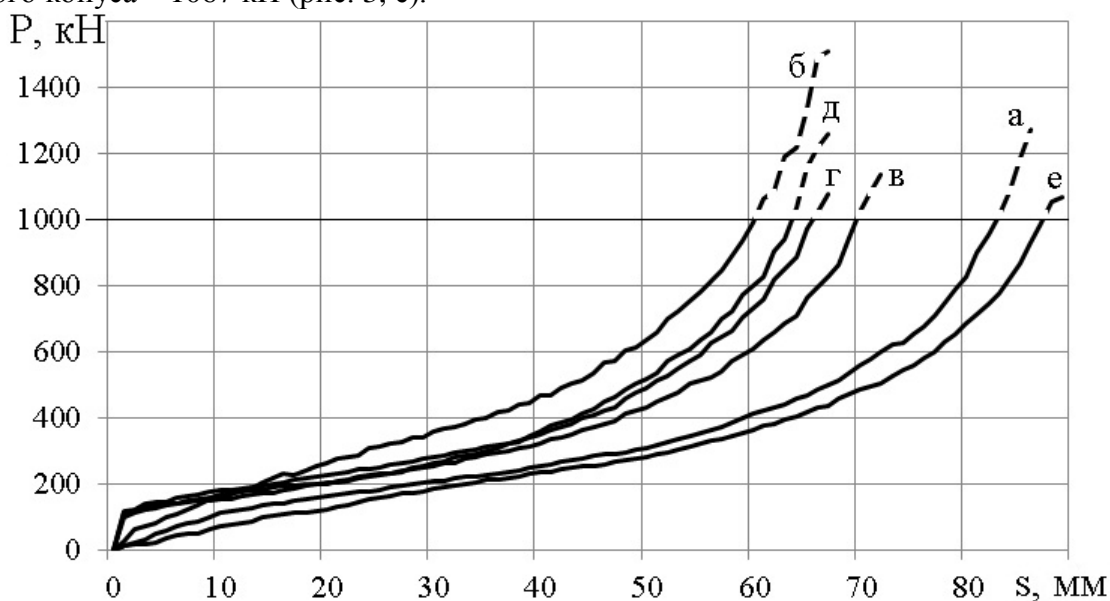


Рис. 3. Энергосиловые параметры процесса комбинированного выдавливания

По результатам моделирования рекомендуется использование заготовок с формой конуса и конуса с наметкой под пуансон, за счет лучшей проработки стенки стакана, отсутствия разностенности и несоосности получаемой детали и минимальных необходимых усилий деформирования.

## ВЫВОДЫ

В ходе исследования рассмотрены промежуточные стадии комбинированного выдавливания без стадии обратного выдавливания. Моделирование процесса при различных формах заготовки проводилось методом конечных элементов в программном продукте DeForm-3D. Выбраны заготовки, формой цилиндра, шара, конуса, конуса с наметкой под пуансон, конуса с расширенной наметкой и обратного конуса.

Результаты исследования показали, что форма заготовки существенно влияет на формообразование и может влиять на конечную форму детали. Возникает две зоны максимальных деформаций при использовании цилиндрической заготовки и с формой обратного конуса, что может привести к разрушению детали. Заготовки с конической формой обеспечивают лучшую центровку и отсутствие перекосов при установке в матрице. Рекомендуется использование заготовок с формой конуса и конуса с наметкой под пуансон.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. Исследование технологического процесса выдавливания полых конических деталей / И. С. Алиев, Ю. А. Кащенко, В. П. Еремин // *Прогрессивные технологии, оборудование и оснастка для интенсификации процессов обработки давлением : сб. научн. трудов. – К. : УМК ВО, 1991. – С. 22–31.*
2. Овчинников А. Г. Прямое выдавливание цилиндрических стаканов // А. Г. Овчинников, А. В. Хабаров – В кн. *Совершенствование процессов объемной штамповки. М: МДНТП, 1980. – С. 103–108.*
3. Калюжний В. Л. Порівняльний аналіз прямого і зворотного холодного видавлювання порожнистих виробів із маловуглецевої сталі / В. Л. Калюжний, Є. Ю. Чувільов // *Тези доповідей IV Міжнародної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості освіти».* – Київ : ММІ, 2013. – С. 61–63.
4. Алиев И. С. Анализ энергосиловых параметров при выдавливании полых конических деталей / И. С. Алиев, П. В. Гнездилов // *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали тринадцятої Міжнародної науково-технічної конференції.* – Краматорськ : ДДМА, 2015. – С. 10–11.

## REFERENCES

1. Aliev I. S. Issledovanie tehnologicheskogo processa vydavlivaniya polyh konicheskikh detalej / I. S. Aliev, Yu. A. Kashhenko, V. P. Eremin // *Progressivnyye tehnologii, oborudovanie i osnastka dlja intensifikatsii processov obrabotki davleniem : sb. nauchn. trudov. – K. : UMK VO, 1991. – S. 22–31.*
2. Ovchinnikov A. G. Pryamoe vyidavlivanie tsilindricheskikh stakanov // A. G. Ovchinnikov, A. V. Habarov. – V kn. *Sovershenstvovanie protsessov ob'emnoy shtampovki. – M. : MDNTP, 1980. – S. 103–108.*
3. Kalyuzhniy V. L. Porivnyalniy analiz pryamogo i zvorotnogo holodnogo vidavlyuvannya porozhnistih virobiv iz malo vugletsevoyi stali // V. L. Kalyuzhniy, E. Yu. Chuvilov // *Tezi dopovidey IV Mizhnarodnoyi konferentsiyi «Teoretichni ta praktichni problemi v obrobtsi materialiv tiskom i yakosti osviti».* – Kiyiv : MMI, 2013. – S. 61–63.
4. Aliiev I. S. Analiz energosilovyih parametrov pri vyidavlivanii polyih konicheskikh detaley / I. S. Aliiev, P. V. Hniezdilov // *Vazhke mashinobuduvannya. Problemi ta perspektivi rozvitku. Materiali trinadtsyatoyi Mizhnarodnoyi naukovno-tehnichnoyi konferentsii.* – Kramatorsk : DDMA, 2015. – S. 10–11.

Алиев И. С. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ОМД ДГМА;

Гнездилов П. В. – аспирант каф. ОМД ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: omd@dgma.donetsk.ua